



І. Л. Тригуба¹, О. Я. Андрушків²

¹Національний природничий університет України, Львів, Україна

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів, Україна

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5239-5951> – І. Л. Тригуба

<https://orcid.org/0009-0007-1672-7633> – О. Я. Андрушків



trinle@ukr.net

ЦИРКУЛЯЦІЙНО-ЦІННІСНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТЛОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НА ОСНОВІ ЕФЕКТИВНОГО БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Проблема. Визначено актуальність підвищення ефективності управління проектами енергозабезпечення житлових масивів в умовах зростання енергетичних витрат і потреби у скороченні органічних відходів домогосподарств. Традиційні підходи до управління такими проектами не враховують комплексну взаємодію соціальних, екологічних і управлінських чинників проектного середовища, що обмежує можливість формування довгострокової цінності для населення громад. Для цього обґрунтовано доцільність застосування циркуляційно-ціннісного підходу, який поєднує принципи циркулярної економіки та управління проектами, забезпечуючи створення замкнених енергетичних циклів на основі переробки органічних відходів і використання сучасного інструментарію підтримки управлінських рішень.

Мета. Обґрунтування циркуляційно-ціннісного підходу до управління проектами енергозабезпечення житлових масивів, що лежить в основі створення адаптивного інструментарію для прийняття управлінських рішень у динамічному проектному середовищі розвитку громад, який забезпечує підвищення ефективності планування та реалізації зазначених проектів, інтеграцію принципів циркулярної економіки у практику управління, врахування соціальної та екологічної складових цінності під час прийняття управлінських рішень поряд із економічними показниками.

Методи дослідження. Запропонований циркуляційно-ціннісний підхід до управління проектами енергозабезпечення житлових масивів. Використано засади циркулярної економіки та створення довгострокової цінності для громади. Для кількісної оцінки взаємодії підсистем застосовано системний аналіз, економіко-математичне та імітаційне моделювання на основі динамічних рівнянь. Це дало можливість встановити тенденції накопичення відходів, виробництва енергії та створення соціально-екологічних ефектів. Ефективність підходу перевірено сценарним аналізом із зміною ресурсного потенціалу, тарифів, бюджетних обмежень і потужності переробки органічних відходів. Порівняння сценаріїв дозволило окреслити межі стійкості системи та виокремити чинники, які формують раціональний шлях реалізації проекту енергозабезпечення житлових масивів. Сукупне використання цих методів забезпечило цілісну, управлінську оцінку динаміки циркуляційно-ціннісних процесів і обґрунтування управлінських рішень щодо підвищення ефективності проектів енергозабезпечення житлових масивів.

Основні результати дослідження. Розроблено циркуляційно-ціннісний підхід до управління проектами енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів, що охоплює чотири взаємопов'язані рівні: ресурсно-технологічний, управлінський, соціально-економічний та екологічно-ціннісний. Відносно кожного із них офіс управління проектами ухвалює скоординовані управлінські рішення. Оцінювання цінності здійснюється в єдиній системі, яка поєднує технологічні показники ресурсного забезпечення та виробництва енергії, управлінську зрілість і моніторинг, а також соціально-економічні ефекти для громади. Узагальнюючим показником реалізації проектів є інтегрована цінність. Підхід формалізує взаємодію підсистем через систему різницьових рівнянь із чотирма стабілізаторами (насичення управлінського ефекту, межа пропускну здатності, лагований вплив рішень, операційний буфер), що забезпечує прогнозування показників цінності. Використано сценарне моделювання та аналіз чутливості для кількісної оцінки впливу ресурсного потенціалу, тарифів, бюджетних обмежень і «вузьких місць» на виробництво енергії та інтегральну цінність. Показано, що зниження технологічних втрат і посилення процесів моніторингу дають найбільший приріст цінності за фіксованої пропускну здатності системи енерговиробництва із органічних відходів житлових масивів. Визначено тенденції зміни основних показників цінності, які лежать в основі визначення пріоритетів інвестицій під час реалізації таких проектів.

Висновки та конкретні пропозиції автора. Проведене дослідження підтвердило актуальність і практичну потребу реалізації проєктів енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів, а також доцільність розробки циркуляційно-ціннісного підходу. Цей підхід передбачає здійснення управлінських впливів щодо 4 взаємопов'язаних рівнів – ресурсно-технологічного, управлінського, соціально-економічного та екологічно-ціннісного. Управлінські рішення щодо кожного з них приймаються у офісі управління проєктами, який координує формування продукту проєкту на вносить коригувальні впливи у окремі управлінські процеси завдяки обґрунтуванню відповідних управлінських рішень. Оцінювання цінності проєктів здійснюється в єдиній системі, яка поєднує технологічні показники ресурсного забезпечення та виробництва енергії, управлінську зрілість і моніторинг, а також соціально-економічні ефекти для громади. Узагальнюючим показником реалізації проєктів є інтегрована цінність. Циркуляційність використання органічних відходів на території житлових масивів забезпечує мінімізацію втрат ресурсів. При цьому скорочуються обсяги накопичення відходів на території житлових масивів та зменшується залежність житлових масивів від традиційних джерел енергії. Обґрунтовано, що проєктним менеджерам слід врахувати те, що перш ніж збільшувати капіталовкладення, слід перевірити контракти на збут і сировину, планове техобслуговування та резерв органічних відходів. Отримані результати підтверджують ефективність циркуляційно-ціннісного підходу для управління проєктами енергозабезпечення житлового масиву.

Ключові слова: управління, проєкт, громади, енергозабезпечення, цінність, циркуляційно-ціннісний підхід, циркулярна економіка.

I. L. Tryhuba¹, O. Ya. Andrushkiv²

¹National University of Natural Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine

²Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

CIRCULATORY-VALUE APPROACH TO ENERGY SUPPLY PROJECTS FOR RESIDENTIAL INFRASTRUCTURE BASED ON EFFECTIVE BIOENERGY MANAGEMENT

Introduction. The relevance of improving the efficiency of energy supply projects in residential areas has been identified in the context of rising energy costs and the need to reduce household organic waste. Traditional approaches to managing such projects do not take into account the complex interaction of social, environmental, and managerial factors in the project environment, which limits the possibility of creating long-term value for the community. To this end, the feasibility of applying a circular-value approach has been substantiated, which combines the principles of the circular economy and project management, ensuring the creation of closed energy cycles based on the processing of organic waste and the use of modern tools to support management decisions.

Purpose. Justification of the circular value approach to managing energy supply projects for residential areas, which forms the basis for creating adaptive tools for management decision-making in a dynamic community development project environment, ensuring more effective planning and implementation of such projects, integration of circular economy principles into management practices, and consideration of social and environmental value components in management decision-making alongside economic indicators.

Methods. The proposed circular value approach to managing energy supply projects for residential areas uses the principles of the circular economy and creates long-term value for the community. System analysis, economic-mathematical and simulation modeling based on dynamic equations were used to quantitatively assess the interaction of subsystems. This made it possible to identify trends in waste accumulation, energy production, and the creation of socio-environmental effects. The effectiveness of the approach was verified by scenario analysis with changes in resource potential, tariffs, budget constraints, and organic waste processing capacity. Comparison of scenarios made it possible to outline the limits of the system's sustainability and identify the factors that form a rational path for the implementation of the residential area energy supply project. The combined use of these methods provided a comprehensive, managerial assessment of the dynamics of circulation and value processes and justification for managerial decisions to improve the efficiency of energy supply projects for residential areas.

Results. A circular value-based approach to managing energy supply projects for residential areas based on organic waste has been developed, covering four interrelated levels: resource and technology, management, socio-economic, and environmental value. For each of these levels, the project management office makes coordinated management decisions. Value assessment is carried out in a unified system that combines technological indicators of resource provision and energy production, management maturity and monitoring, as well as socio-economic effects for the community. The overall indicator of project implementation is integrated value. The approach formalizes the interaction of subsystems through a system of differential equations with four stabilizers (management effect saturation, capacity limit, lagged impact of decisions, operational buffer), which ensures the forecasting of value indicators. Scenario and sensitivity analysis are used to quantitatively assess the impact of resource potential, tariffs, budget constraints, and bottlenecks on energy production and integrated value. It is shown that reducing technological losses and strengthening monitoring processes provide the greatest increase in value for a fixed throughput capacity of the energy production system from organic waste in residential areas. Trends in changes in key value indicators, which form the basis for determining investment priorities during the implementation of such projects, have been identified.

Conclusions and specific proposals of the author. The study confirmed the relevance and practical need for implementing energy supply projects for residential areas based on organic waste, as well as the feasibility of developing a circular value approach. This approach involves the implementation of management measures at four interrelated levels: resource and technology, management, socio-economic, and environmental and value. Management decisions on each of these levels are made in the project management office, which coordinates the formation of the project product and makes corrective adjustments to individual management processes by justifying the relevant management decisions. Project value is assessed using a unified system that combines technological indicators of resource provision and energy production, management maturity and monitoring, as well as socio-economic effects for the community. The overall indicator of project implementation is integrated value. The circular use of organic waste in residential areas minimizes resource losses. At the same time, it reduces the amount of waste accumulated in residential areas and decreases the dependence of residential areas on traditional energy sources. It is reasonable that project managers should take into account that before increasing capital investments, it is necessary to check contracts for sales and raw materials, planned maintenance, and organic waste reserves. The results confirm the effectiveness of the circular value approach for management.

Key words: management, project, communities, energy supply, value, circular value approach, circular economy.

Постановка проблеми. Будівництво нових житлових масивів в Україні та в інших країнах світу створює додатковий попит на енергію. Звичні централізовані системи енергопостачання, що працюють на викопному паливі, сьогодні дедалі частіше проявляють свої слабкі сторони. Вони дорогі, енергетичні втрати у мережах високі, а коливання цін на паливо роблять їх ненадійними [1–3]. До цього додається негативний вплив на довкілля, який стає все більш відчутним для міських поселень.

Сучасні підходи до управління енергетичними проектами здебільшого зосереджуються на оцінці їх ефективності із використанням техніко-економічних показників. Однак, екологічні наслідки або ж соціальний ефект майже залишаються поза увагою. У результаті громади отримують управлінські рішення, які формально ефективні, але мало враховують потреби населення та довгострокову цінність для територій.

Не менш важливою проблемою є фрагментарність. Новації часто впроваджуються уривками, без інтеграції в цілісну систему [4-5]. Через це технічні рішення не стикаються з управлінськими механізмами, і реалізація проектів гальмується. У післявоєнних українських реаліях ситуація ще складніша. Енергетична автономність і стійкість стають умовами не лише відновлення інфраструктури, а й створення середовища, у якому населення громад може відчувати безпеку та комфорт.

Концепція циркулярної економіки, яка передбачає повторне використання ресурсів та мінімізацію відходів, ще недостатньо інтегрована в практику енергозабезпечення житлових масивів. Водночас саме вона відкриває нові можливості для формування проектів, що базуються на використанні органічних відходів та місцевих ресурсів як джерела енергії. Це вимагає створення моделей, які здатні поєднувати технічні рішення з економічними та екологічними критеріями.

Ціннісно-орієнтоване управління проектами висуває на перший план не лише досягнення

фінансових показників, але й створення доданої цінності для громади, підвищення якості життя мешканців, зменшення вразливості до зовнішніх ризиків та зміцнення соціальної стійкості [6-8]. Відсутність системних інструментів, які б об'єднували методи управління проектами з принципами циркулярної економіки та орієнтацією на цінності, обмежує можливості комплексної модернізації житлових масивів у напрямку сталого розвитку.

Отже, проблема полягає у потребі розроблення циркуляційно-ціннісного підходу до управління проектами енергозабезпечення житлових масивів на основі використання органічних відходів. Такий підхід повинен враховувати технічні, економічні, екологічні та соціальні чинники, створюючи умови для ефективного використання місцевих ресурсів, підвищення енергетичної автономності та забезпечення довгострокових вигод для населення громади.

Аналіз наукових досліджень галузі. Останні роки науково-прикладна задача енергозабезпечення житлових масивів є важливою для інженерів, економістів і міських проектних менеджерів. Вони зосереджені на доцільності використання моделей управління енергосистемами, які не обмежуються технікою як такою, а системно розглядають технології, екологічні обмеження та потреби користувачів [9-11]. Поступово зростає інтерес до децентралізації. Замість однієї мережі пропонують комбінації локальних рішень на рівні будинку чи кварталу (сонячні станції на дахах, теплові насоси, утилізація вторинного тепла). Логіка проста і стосується зменшення втрат, зростання керованості, підвищення стійкості. Це скеровано на європейський зелений курс із енергетичної автономності як міст, так і сіл, де власні джерела (від відновлюваних до вторинних) стають не додатком, а основою щоденного балансу попиту й пропозиції.

На основі проведеного аналізу (табл. 1) узагальнено сучасні підходи до управління проектами енергозабезпечення житлових масивів.

На підставі аналізу встановлено, що наявні інструменти базуються на класичних методах управління проектами та вдосконаленні енергетичних технологій [12-13]. Дослідники розробляють методики планування й контролю виконання проектів, застосовують інструменти системної динаміки, багатокритеріальні алгоритми й математичне моделювання, що дозволяє підвищити рівень аргументованості управлінських рішень. Водночас домінуючий акцент робиться на досягненні економічної результативності, тоді як соціальний вимір і питання екологічної безпеки здебільшого залишаються на периферії уваги.

Дослідження у сфері циркулярної економіки показують значний потенціал повторного використання матеріальних та енергетичних ресурсів, зокрема органічних відходів. Науковці розглядають відходи не як проблему, а як ресурс, який можна інтегрувати у систему енергопостачання [14-15]. Це сприяє зменшенню навантаження на довкілля та формує нові можливості для розвитку локальних енергетичних систем. Водночас ці підходи поки що не набули достатньої інтеграції з методологіями управління проектами, що обмежує їх практичне застосування у сфері житлових масивів.

Таблиця 1

Результати аналізу наукових досліджень у різних сферах, які використовуються під час управління проектами енергозабезпечення житлових масивів

Сфера досліджень	Основні ідеї та досягнення	Сильні сторони	Прогалини та обмеження
Управління проектами [12-13]	Моделі планування, контролю та оцінки ефективності енергетичних проектів. Використання оптимізаційних алгоритмів та системної динаміки.	Чітка структура управління. Методологічна база. Орієнтація на продукт.	Недостатнє врахування соціальної та екологічної складової.
Циркулярна економіка [14-15]	Використання відходів як ресурсу. Повторний цикл використання матеріалів та енергії. Мінімізація негативного впливу на довкілля.	Екологічна стійкість. Ефективність використання ресурсів.	Відсутня інтеграція з інструментами управління проектами
Енергетика [2; 3; 11]	Розвиток відновлюваних джерел енергії. Моделі децентралізованого енергопостачання. Аналіз енергетичної автономності.	Технічна інноваційність. Зменшення залежності від викопного палива.	Слабка інтеграція з соціально-економічними складовими житлових масивів.
Ціннісно-орієнтоване управління [16-17]	Врахування потреб стейкхолдерів. Орієнтація на довгострокову цінність для громади. Підвищення якості життя.	Баланс економічних, соціальних і екологічних вигод.	Обмежена кількість моделей для сфери енергозабезпечення.
Інтегровані підходи [2; 3; 11]	Використання ГІС. Використання системного підходу та обчислювального інтелекту для комплексного аналізу та прогнозування.	Висока точність моделей. Поєднання технічних та управлінських методів.	Фрагментарність. Відсутність узгодженого ціннісного та циркуляційного підходу.

Ціннісно-орієнтовані підходи до управління проектами дедалі активніше обговорюються в сучасних дослідженнях [16-17]. Автори наголошують на важливості переходу від оцінки лише фінансових показників до врахування соціальних ефектів, підвищення якості життя населення, забезпечення стійкості громад. Це відповідає сучасним викликам, коли громади очікують від енергетичних проектів не тільки економічної вигоди, а й створення довготривалої цінності. Однак, моделі для управління проектами енергозабезпечення житлових масивів, які об'єднують ціннісний підхід з циркуляційною енергетикою житлових масивів, досі відсутні.

Використання інтегрованих підходів із застосуванням геоінформаційних систем, штучного інтелекту та методів оптимізації відкриває нові

перспективи для моделювання та прогнозування складових проектів енергозабезпечення житлових масивів [2; 3; 11]. Ці підходи дозволяють створювати більш гнучкі й точні управлінські рішення, що враховують складні просторові, технічні та соціальні чинники мінливого проектного середовища. Однак навіть у цьому випадку спостерігається фрагментарність – дослідження не поєднують принципи циркулярності, ціннісної орієнтації та класичного управління проектами в єдиній моделі [18-20].

Отже, існуючі наукові праці свідчать про потребу у створенні нового підходу для управління проектами енергозабезпечення житлових масивів. Це вказує на актуальність розроблення циркуляційно-ціннісного підходу до управління проектами енергозабезпечення

житлових масивів, який синтезував би управлінські, технічні, екологічні та соціальні складові мінливого проектного середовища та забезпечував сталий розвиток громад.

Не вирішені раніше частини загальної проблеми. На даний час залишається невирішеною науково-прикладна задача створення циркуляційно-ціннісного підходу до управління проектами енергозабезпечення житлових масивів. Попри наявність численних наукових праць у сфері енергетики, управління проектами та циркулярної економіки, більшість із них не забезпечує комплексного врахування взаємозв'язку технічних, соціальних та екологічних чинників мінливого проектного середовища. Традиційні підходи розроблялися переважно для умов стабільної інфраструктури й орієнтуються на короткострокову економічну ефективність, що не дає можливості адекватно відобразити динамічні зміни проектного середовища житлових масивів.

Однією з основних прогалин є відсутність управлінського підходу, здатного врахувати особливості повторного використання ресурсів під час реалізації проектів енергозабезпечення житлових масивів. Хоча концепція циркулярної економіки довела свою ефективність у промислових і виробничих сферах, у житлових масивах її застосування поки що залишається обмеженим і фрагментарним. Це знижує можливості для створення дійсно замкнених енергетичних циклів на рівні громад.

Не менш вагомою є потреба формалізації ціннісних параметрів у процесах управління. У сучасних роботах підкреслюється важливість створення довгострокової цінності для громади. Однак, бракує практичних механізмів оцінки таких показників у кількісній формі. У результаті соціальні та екологічні вигоди часто залишаються поза межами моделі, що призводить до прийняття управлінських рішень із вузькою економічною спрямованістю.

Таким чином, на відміну від існуючих підходів запропонований циркуляційно-ціннісний підхід дає можливість врахувати:

- використання локальних і вторинних ресурсів у рамках циркулярної економіки для реалізації проектів енергозабезпечення житлових масивів;

- оцінку довгострокової соціальної та екологічної цінності проектів енергозабезпечення житлових масивів поряд із економічними показниками;

- адаптацію до динамічних змін проектного середовища та використання актуальних даних про його стан під час управління проектів енергозабезпечення житлових масивів.

Мета досліджень. Обґрунтувати підхід циркуляційно-ціннісного управління проектами енергозабезпечення житлових масивів, що лежить в основі створення адаптивного інструментарію для прийняття управлінських рішень у динамічному проектному середовищі розвитку громад, який забезпечує підвищення ефективності планування та реалізації зазначених проектів, інтеграцію принципів циркулярної економіки у практику управління, врахування соціальної та екологічної складових цінності під час прийняття управлінських рішень поряд із економічними показниками.

Основні методи дослідження. Для кількісної оцінки взаємодії цих підсистем використано циркуляційно-ціннісну модель, побудовану на принципах циркулярної економіки та концепції створення довгострокової цінності для громади. У процесі дослідження застосовано методи системного аналізу, економіко-математичного моделювання, динамічних рівнянь та імітаційного моделювання, що дозволило описати часову динаміку накопичення відходів, енергетичного виходу та соціально-екологічних ефектів.

Додатково для перевірки ефективності запропонованого циркуляційно-ціннісного підходу застосовано сценарний аналіз, який дозволяє оцінити вплив зміни параметрів ресурсного потенціалу, тарифів, бюджету та обмежень потужності на кінцеву інтегральну цінність проекту. Порівняльне моделювання сценаріїв реалізації проектів дало змогу визначити межі стійкості та виявити основні чинники, що визначають раціональний сценарій реалізації проекту енергозабезпечення житлових масивів. Використання запропонованих методів забезпечило комплексну оцінку динаміки циркуляційно-ціннісних процесів та обґрунтування ефективності управління проектами енергозабезпечення житлових масивів.

Основна частина. Для успішної реалізації проектів енергозабезпечення житлових масивів на основі використання органічних відходів домогосподарств слід створювати інструментарій, який забезпечує врахування технічних, економічних та соціально-екологічних складових динамічного проектного середовища. Цей інструментарій має базуватися на циркуляційно-ціннісному підході до управління проектами енергозабезпечення житлових масивів. Він поєднує принципи циркулярної економіки, у якій відходи стають ресурсом, із принципами ціннісно-орієнтованого управління проектами, що оцінює їх успішність не лише за фінансовими, а й за довгостроковими суспільними вигодами.

Загальний енергетичний баланс системи енергозабезпечення житлових масивів на основі

використання органічних відходів домогосподарств можна описати формулою:

$$E_{gen} = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \eta_b, \quad (1)$$

де E_{gen} – обсяг отриманої енергії; W – обсяг органічних відходів від i -го домогосподарства; η_b – коефіцієнт біоконверсії.

Для визначення інтегральної цінності від реалізації проєктів енергозабезпечення житлових масивів на основі використання органічних відходів домогосподарств використовується узагальнена формула:

$$E_f = \alpha \cdot E_{gen} - \beta \cdot C_{tot} + \gamma \cdot S_{val} + \delta \cdot EC_{val}, \quad (2)$$

де C_{tot} – сумарні витрати на впровадження, S_{val} – соціальна цінність (зниження витрат для населення, створення робочих місць); EC_{val} – екологічна цінність (скорочення відходів і викидів), $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – вагові коефіцієнти.

Важливим управлінським завданням є оптимізація конфігурації продукту проєкту енергозабезпечення житлових масивів на основі використання органічних відходів домогосподарств, яку можна записати як:

$$\max E_f(x) \text{ за умов } R(x) \leq R_{max}, \quad C(x) \leq B, \quad (3)$$

де x – вектор можливих конфігурацій щодо кількості та потужності установок; $R(x)$ – споживання ресурсів; R_{max} – їхній максимально доступний обсяг; $C(x)$ – витрати на реалізацію; B – бюджет проєкту.

Під час управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів доцільно враховувати і часову динаміку надходження органічних відходів. Модель надходження органічної сировини описується функцією:

$$W(t) = W_0 + \Delta W \cdot \sin(\omega t + \varphi), \quad (4)$$

де $W(t)$ – обсяг органічних відходів у t -й момент часу; W_0 – середньорічний обсяг органічних відходів; ΔW – амплітуда сезонних коливань; ω – кутова частота; φ – фазовий зсув.

На основі використання формули (4) виконується моделювання сезонності, що лежить в основі планування конфігурації продукту проєкту енергозабезпечення житлових масивів на основі використання органічних відходів домогосподарств.

У таблиці 2 наведено основні складові, які враховуються під час багатокритеріальної оцінки цінності від реалізації проєктів енергозабезпечення житлових масивів на основі використання органічних відходів домогосподарств.

Таблиця 2

Складові багатокритеріальної оцінки цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів на основі використання органічних відходів домогосподарств

Складова цінності	Формула / показник	Управлінська інтерпретація
Енергетична	E_{gen}	Прогнозований обсяг виробленої енергії
Економічна	$NPV = \sum \frac{CF_t}{(1+r)^t} - C_0$	Фінансова стійкість проєкту
Соціальна	$S_{val} = \frac{C_{house}}{N}$	Зменшення витрат домогосподарств на енергію
Екологічна	EC_{val}	Скорочення відходів та викидів
Інтегральна	E_f	Комплексний показник цінності

На рисунку 1 подано схему циркуляційно-ціннісного підходу до управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів, де органічні відходи є вхідним ресурсом, а виходом виступають економічні, соціальні та екологічні складові цінності, які узгоджуються через інструменти управління проєктами.

Циркуляційно-ціннісний підхід до управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів передбачає врахування чотирьох рівнів. Відносно кожного із цих рівнів приймаються управлінські рішення у офісі

управління проєктами. Для оцінення цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів передбачається врахування технологічних, управлінських та соціально-економічних вимірів у єдиній системі. Продуктом проєктів енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів є створена відповідна інфраструктурна енергетична система на території житлових масивів. Вона забезпечує перетворення побутових органічних відходів на корисний енергетичний ресурс, що створює замкнений цикл (рис. 2).

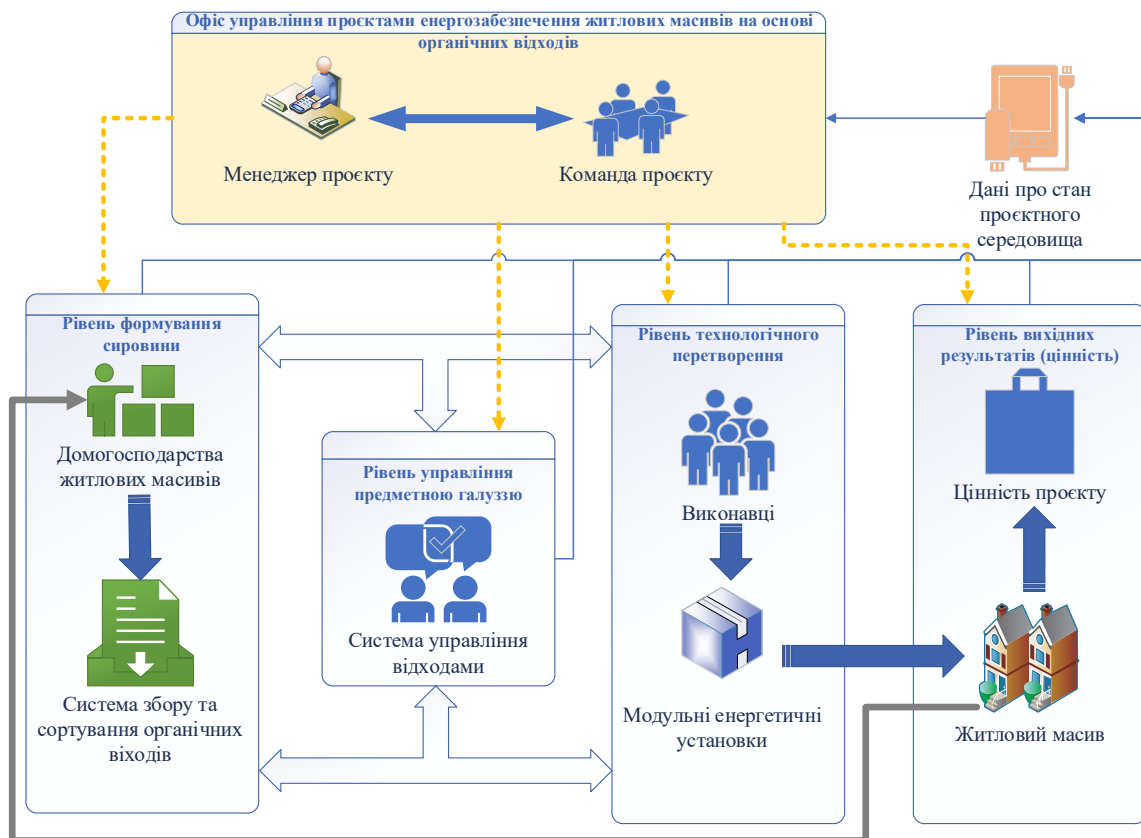


Рисунок 1 – Схема циркуляційно-ціннісного підходу до управління проектами енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів

Запропонована (рис. 2) складова щодо циркуляційності використання органічних відходів на території житлових масивів забезпечує мінімізацію втрат ресурсів. Окрім того, скорочуються обсяги накопичення відходів на території житлових масивів та зменшується залежність житлових масивів від традиційних джерел енергії. На відміну від лінійних підходів до управління відходами житлових масивів, де передбачено лише їх утилізацію, циркуляційно-ціннісний підхід забезпечує їх повернення в обіг, створюючи довготривалі соціальні, економічні та екологічні вигоди для населення громад.

Ціннісна складова запропонованого підходу передбачає оцінювання стану формування множини вигод для зацікавлених сторін за різних сценаріїв реалізації проектів. При цьому розглядається декілька видів складових цінностей. Економічна складова цінності виражається у зменшенні витрат домогосподарств на енергію та підвищенні фінансової стійкості проектів. Енергетична цінність виражається у обсягах отриманої теплової чи електричної енергії. Соціальна цінність пов'язана зі створенням робочих місць і підвищенням якості життя населення. Водночас, екологічна цінність відображає скорочення обсягів накопичення відходів і зниження викидів у довкілля.

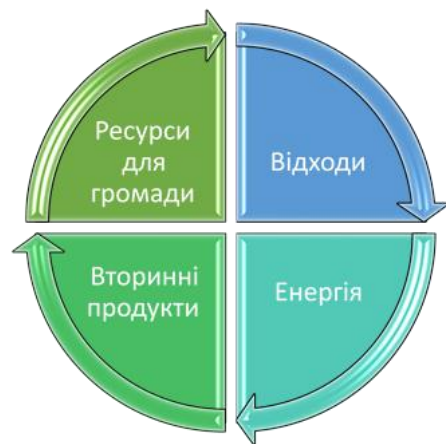


Рисунок 2 – Замкнений цикл використання органічних відходів на території житлових масивів

В узагальненому вигляді інтегральний показник цінності від реалізації проектів енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів записується:

$$V_{int} = w_{en} \cdot E + w_{ec} \cdot E_c + w_{soc} \cdot S + w_{env} \cdot R, \quad (5)$$

де E – обсяг виробництва енергії; E_c – економічні вигоди; S – соціальні вигоди; R – екологічні вигоди; $w_{en}, w_{ec}, w_{soc}, w_{env}$ – вагові коефіцієнти, що визначають пріоритети зацікавлених сторін.

Важливий вплив на формування цінності проєктів енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів має точність управлінських рішень, що приймаються в офісі управління щодо кожного із рівнів. Цей офіс виступає центром координації проєкту. Саме тут здійснюється планування, контроль, розподіл ресурсів та узгодження рішень між менеджером проєкту, командою та виконавцями. Завдяки офісу управління досягається цілісність процесу

формування продукту проєкту та забезпечується реалізація стратегії проєкту в динамічному проєктному середовищі. Не менш важливою є система управління відходами. Вона забезпечує прийняття рішень щодо збору, сортування та підготовки органічної сировини до переробки. Її ефективність визначає обсяг і якість ресурсів, що надходять у технологічні установки, а отже безпосередньо впливає на результативність усього проєкту.

Таблиця 3

Основні складові системи управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів на основі циркуляційно-ціннісного підходу

Рівень системи	Складова	Очікуваний результат	Моделі та методи управління проєктами
Управлінський (проєктний)	Офіс управління, менеджер проєкту, команда	Координація, планування, моніторинг	Циркуляційно-ціннісна модель управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів; методи кількісної оцінки інтегральної цінності проєктів; моделі адаптивного управління портфелями проєктів у динамічному середовищі
Управлінський (процесний)	Збір, сортування, логістика	Стабільне постачання якісної сировини	Моделі прогнозування утворення органічних відходів у житлових масивах; методи оптимізації системи збору та сортування; інтелектуальні алгоритми управління потоками відходів
Технологічний	Біогазові та когенераційні установки	Виробництво енергії, отримання побічних продуктів	Моделі енергетичної ефективності технологій переробки відходів; методи оптимізації використання різних джерел енергії (гібридні системи); моделі оцінки стабільності виробництва в умовах змінних обсягів сировини
Соціально-економічний	Населення, громада	Зменшення витрат, створення робочих місць	Моделі кількісної оцінки соціальної цінності для громади; методи врахування впливу проєктів на рівень життя населення; інструменти балансування економічної вигоди і соціального ефекту
Екологічний	Система переробки і повторного використання	Скорочення відходів, зниження викидів	Моделі екологічної цінності в межах циркулярного циклу; методи оцінки зниження викидів та вторинного використання відходів; прогнозні сценарії впливу на довкілля у довгостроковій перспективі

Запропонований циркуляційно-ціннісний підхід до управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів лежить в основі розробки спеціальних моделей і методів прийняття управлінських рішень проєктними менеджерами. До них належать математичні моделі оптимізації потоків органічних відходів та енергії, методи багатокритеріальної оцінки цінності, алгоритми просторового аналізу з використанням ГІС, а також методи прогнозування динаміки утворення ресурсів за допомогою інтелектуальних систем. Поєднання моделей та методів створює вагомий інструментарій, здатний підтримувати прийняття управлінських рішень, які адаптовані до змін у проєктному середовищі, та забезпечувати баланс між економічними вигодами та довготривалими соціальними і екологічними вигодами для населення громад.

Результати представленої таблиці 3 показують, що на всіх рівнях системи управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів потрібна розробка спеціалізованих моделей, адже без прогнозних та оптимізаційних інструментів неможливо забезпечити стабільність збору сировини, ефективність технологій та соціально-економічні вигоди для населення. Водночас ключову роль відіграє саме циркуляційно-ціннісна модель управління, яка об'єднує економічну, енергетичну, соціальну та екологічну складові в єдину систему, створюючи основу для комплексного й адаптивного управління проєктами в умовах динамічного середовища.

На основі запропонованого циркуляційно-ціннісного підходу до управління проєктами енергозабезпечення житлових масивів проведено моделювання. Для цього розроблено систему підтримки прийняття рішень, реалізовану в

середовищі Python 3.12. Об'єктом моделювання є типовий житловий масив громади, у якому передбачено створення мікроенергетичної установки для переробки органічних відходів мешканців у біоенергію. Початкові параметри моделі включали середньодобове накопичення відходів на рівні 20 тон, ефективність переробки 25%, тариф на реалізацію енергії 4,32 грн/кВт·год, а період моделювання становив 180 днів.

Результати динамічного моделювання дозволили відстежити зміни основних показників системи енергозабезпечення житлових масивів – накопичення відходів $Q_w(t)$, виробництва

енергії $E(t)$, соціальних $S(t)$ і екологічних $R(t)$ ефектів, рівня управлінської зрілості $P(t)$ та інтегральної цінності $V(t)$. Виявлено, що протягом перших двох місяців система виходить на режим стабільного балансу між утворенням та переробкою органічних відходів, після чого їх накопичення стабілізується, а енергетичний вихід поступово зростає.

На рисунку 3 подано криву зміни виробництва енергії з біомаси, отриману в результаті моделювання процесів у межах циркуляційно-ціннісного підходу.

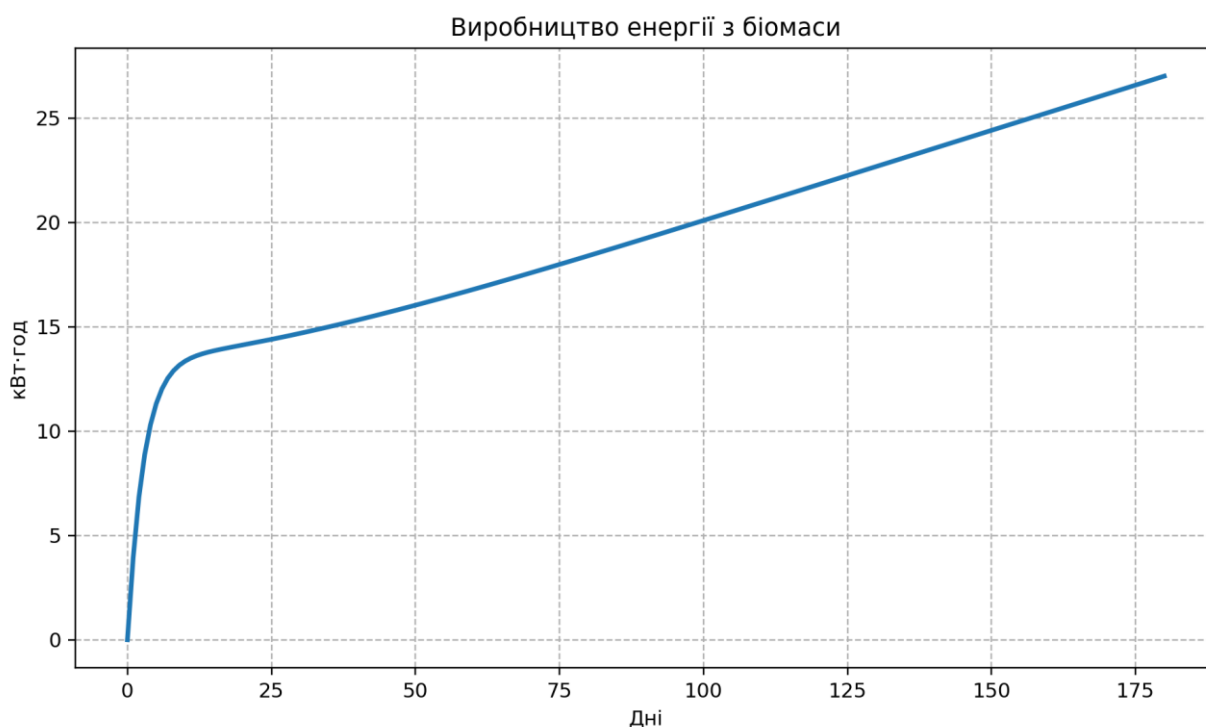


Рисунок 3 – Крива зміни виробництва енергії з органічних відходів, отримана в результаті моделювання процесів у межах циркуляційно-ціннісного підходу

Представлений графік відображає характерну для системи енергозабезпечення поведінку з початковим швидким зростанням потужності та подальшим плавним нарощуванням виробітку енергії. Впродовж перших 30 днів система формує базовий рівень енергетичного потенціалу близько 14...15 кВт·год, після чого спостерігається лінійне зростання, що триває до кінця періоду моделювання. На 180-й день сумарний виробіток становить приблизно 27 кВт·год, що відповідає приросту понад 80 % від початкового рівня. Така форма кривої вказує на поступове насичення технологічної підсистеми та досягнення стану сталого виробництва, коли ресурсна база, технологічна ефективність і

управлінська зрілість перебувають у збалансованому співвідношенні. Виробництво енергії демонструє високий рівень стабільності без різких коливань, що підтверджує здатність моделі забезпечувати передбачувану динаміку енергетичного виходу навіть за умов зміни зовнішніх чинників проектного середовища.

Соціальний та екологічний індекси демонструють синергетичний ефект – покращення стану навколишнього середовища супроводжується підвищенням соціального комфорту населення громади. У табл. 4 наведено результати узагальнених розрахунків стану підсистем за основними показниками на початок і кінець моделювання.

Таблиця 4

Основні результати моделювання проекту енергозабезпечення житлового масиву на основі циркуляційно-ціннісного підходу ($T = 180$ днів)

Показник	Початкове значення	Кінцеве значення	Зміна, %
Накопичення відходів $Q_w(t)$, т	20,0	21,7	+8,5
Енергія E , кВт·год	0,0	153,4	+153,4
Соціальний ефект S , ум. од.	1,00	1,22	+22,0
Екологічний ефект R , ум. од.	0,80	1,06	+32,5
Управлінська зрілість P , ум. од.	0,50	0,73	+46,0
Інтегральна цінність V , ум. од.	5,41	6,85	+26,7
Грошовий потік, тис. грн	-2000	+315	—

Як видно із отриманих результатів моделювання (табл. 4), за період моделювання ($T = 180$ днів) енергетичний вихід зріс більш ніж утричі, соціальний індекс – на 22 %, а інтегральна цінність зросла з 5,41 до 6,85 умовних одиниць, що відповідає приросту на 26,7%. Економічний ефект системи полягає у

формуванні позитивного грошового потоку до кінця періоду моделювання, який компенсує капітальні витрати та створює передумови для подальшого розширення енергетичної інфраструктури.

На рисунку 4 подано часову динаміку основних показників цінності проекту енергозабезпечення житлового масиву протягом 180 днів.

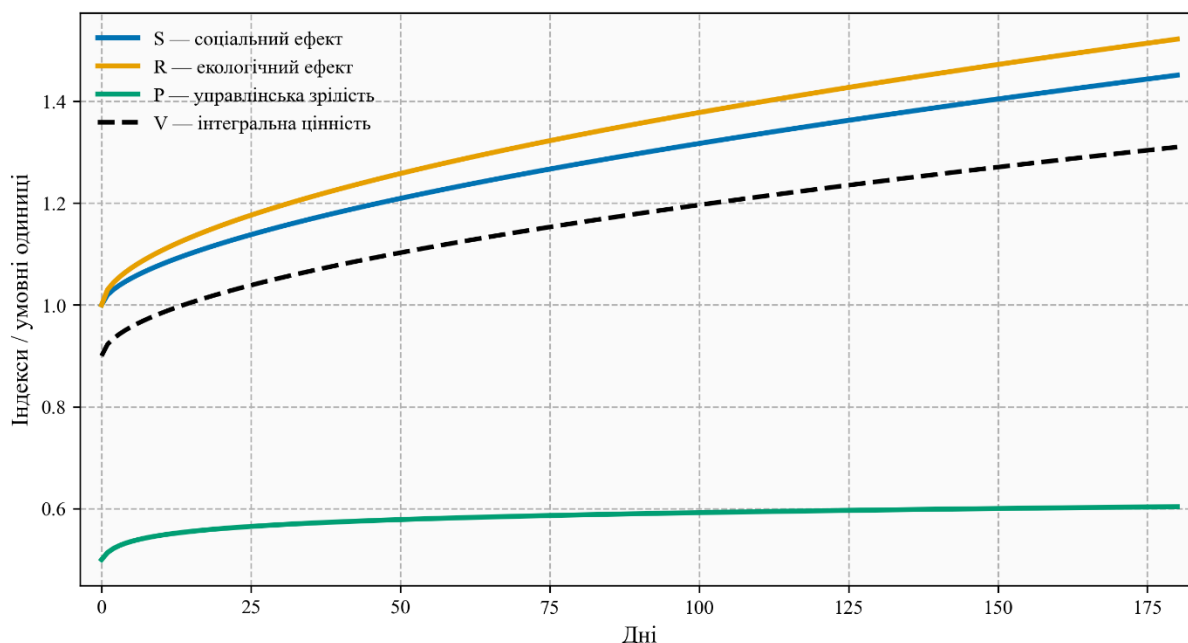


Рисунок 4 – Тенденції зміни основних показників цінності проекту енергозабезпечення житлового масиву

Спостерігається стабільне зростання усіх показників, що свідчить про ефективну взаємодію підсистем. Найбільш виражене підвищення демонструє екологічний ефект, який зростає швидше завдяки підвищенню ефективності переробки біомаси. Соціальний ефект також поступово збільшується, відображаючи залучення домогосподарств у процес сортування відходів. Управлінська зрілість зростає повільніше, але стабільно, що вказує на накопичення досвіду проєктним офісом і покращення процедур моніторингу.

Інтегральна цінність проекту зростає упродовж усього періоду, відображаючи синергетичний вплив соціальної, екологічної та управлінської складових. Це свідчить про сталий розвиток енергетичної системи житлового масиву. Для проєктних менеджерів результати свідчать про доцільність підтримання балансу між соціальними ініціативами, екологічними інноваціями та управлінськими практиками, адже підвищення екологічної ефективності або управлінської зрілості на 10...15% збільшить інтегральну цінність проекту енергозабезпечення.

житлового масиву на понад 20% у межах піврічного періоду.

Ми провели сценарний аналіз, який дозволив визначити чутливість системи до зовнішніх чинників проектного середовища. Було розглянуто три сценарії – базовий, оптимістичний (збільшення ефективності збору відходів і зменшення втрат енергії на 10%), та песимістичний (зменшення тарифу на 15% і зниження зрілості управління на

20%). Отримані результати наведено у табл. 5. Встановлено, що навіть за песимістичного сценарію система зберігає позитивну динаміку інтегральної цінності, хоча приріст зменшується до 11,3%. Оптимістичний сценарій демонструє підвищення $V(t)$ на 33,8%, що свідчить про високу адаптивність моделі до змін у проектному середовищі.

Таблиця 5

Порівняння результатів моделювання реалізації проекту енергозабезпечення житлового масиву за різних сценаріїв

Сценарій	Енергія $E(T)$, кВт·год	Інтегральна цінність $V(t)$	Зміна ΔV , %	Грошовий потік, тис. грн
Базовий	153,4	6,85	+26,7	+315
Оптимістичний	165,8	7,24	+33,8	+512
Песимістичний	137,2	6,02	+11,3	+84

Встановлено, що оптимістичний сценарій реалізації проекту енергозабезпечення житлового масиву (+8% енергії, +0,39 цінності, +197 тис. грн грошового потоку у порівнянні із базовим сценарієм) виправдовує інвестиції у зменшення технологічних втрат і посилення процесів моніторингу. Базовий сценарій дає помірний приріст цінності й стабільний грошовий потік (+315 тис. грн). Тому його варто впроваджувати поетапно, крок за кроком, відстежуючи два прості показники – вироблену енергію та зростання інтегральної цінності. Песимістичний (грошовий потік +84 тис. грн) показує низький запас міцності. Проектним менеджерам слід врахувати те, що перш ніж збільшувати капіталовкладення, слід перевірити контракти на збут і сировину, планове техобслуговування та резерв органічних відходів $Q_w(t)$.

Таким чином, отримані результати підтверджують ефективність циркуляційно-ціннісного підходу для управління проектами енергозабезпечення житлового масиву. Його застосування дозволяє не лише підвищити економічну результативність та екологічну сталість системи, а й забезпечити зростання соціальної цінності для населення громади. Запропонований підхід забезпечує стійкість до змін проектного середовища і здатний до адаптивного управління в умовах невизначеності, що підтверджує доцільність його подальшого практичного впровадження та розроблення на його основі інструментарію для управління проектами енергозабезпечення житлових масивів.

Загальні висновки

1. На підставі аналізу наукових джерел і практики управління проектами встановлено, що традиційні підходи до планування проектів енергозабезпечення житлових масивів

здебільшого базуються на використанні окремих техніко-економічних показників та статичних припущень щодо утворення відходів і тарифів на їх утилізацію. У сучасних умовах підвищеної невизначеності (зміна структури побутових відходів, коливання цін на енергоносії, інфраструктурні обмеження, ризики тощо) такі підходи втрачають ефективність, що зумовлює потребу у обґрунтуванні циркуляційно-ціннісного підходу до управління проектами енергозабезпечення житлових масивів.

2. Обґрунтовано циркуляційно-ціннісний підхід до управління проектами енергозабезпечення житлових масивів на основі органічних відходів. Він передбачає здійснення управлінських впливів щодо 4 взаємопов'язаних рівнів – ресурсно-технологічного, управлінського, соціально-економічного та екологічно-ціннісного. Управлінські рішення щодо кожного з них приймаються у офісі управління проектами, який координує формування продукту проекту та вносить коригувальні впливи у окремі управлінські процеси завдяки обґрунтуванню відповідних управлінських рішень. Оцінювання цінності проектів здійснюється в єдиній системі, яка поєднує технологічні показники ресурсного забезпечення та виробництва енергії, управлінську зрілість і моніторинг, а також соціально-економічні ефекти для громади. Узагальнюючим показником реалізації проектів є інтегрована цінність. Циркуляційність використання органічних відходів на території житлових масивів забезпечує мінімізацію втрат ресурсів. При цьому скорочуються обсяги накопичення відходів на території житлових масивів та зменшується залежність житлових масивів від традиційних джерел енергії. На відміну від лінійних підходів до управління відходами житлових масивів, де передбачено лише їх утилізацію, циркуляційно-ціннісний підхід забезпечує їх

повернення у обіг, створюючи довготривалі соціальні, економічні та екологічні вигоди для населення громад.

3. На підставі використання запропонованого циркуляційно-ціннісного підходу виконано моделювання реалізації проекту енергозабезпечення житлового масиву за різних сценаріїв. Встановлено, що оптимістичний сценарій реалізації проекту енергозабезпечення житлового масиву (+8% енергії, +0,39 цінності, +197 тис. грн грошового потоку у порівнянні із базовим сценарієм) виправдовує інвестиції у зменшення технологічних втрат і посилення процесів моніторингу. Базовий сценарій дає помірний приріст цінності й стабільний грошовий потік (+315 тис. грн). Тому його варто впроваджувати поетапно, відстежуючи два прості показники – вироблену енергію та зростання інтегральної цінності. Песимістичний (грошовий потік +84 тис. грн) показує низький запас міцності. Проектним менеджерам слід врахувати те, що перш ніж збільшувати капіталовкладення, слід перевірити контракти на збут і сировину, планове техобслуговування та резерв органічних відходів. Отримані результати підтверджують ефективність циркуляційно-ціннісного підходу для управління проектами енергозабезпечення житлового масиву.

Список літератури:

1. Tryhuba, I., Tryhuba, A., Hutsol, T., Szufa, S., Glowacki, S., Andrushkiv, O., Padyuka, R., Faichuk, O., & Slavina, N. (2024). European Green Deal: Substantiation of the rational configuration of the bioenergy production system from organic waste. *Energies*, 17(17), 4513. <https://doi.org/10.3390/en17174513>
2. Tryhuba, A., Hutsol, T., Čėsna, J., Tryhuba, I., Mudryk, K., Francik, S., Kukharets, S., Mishchenko, I., & Oliinyk, R. (2025). Optimizing energy systems of livestock farms with computational intelligence for achieving energy autonomy. *Scientific Reports*, 15, 10777. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-92836-6>
3. Kucher, O., Hutsol, O., Prokopchuk, L., Hutsol, T., Vasylyshen, Y., Tryhuba, A., Gajda, J., Kornas, R., & Borusiewicz, A. (2025). Application of marketing tools in the bioeconomic sector. *Sustainability*, 17(8), 3590. <https://doi.org/10.3390/su17083590>
4. Бушуєв С. Д.; Дорош М. С.; Литвиненко Н. В. Інноваційне мислення при формуванні нових методологій управління проектами // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2016. – № 2(26). – URL: <https://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-26/7.pdf> (дата звернення: 12.10.2025). urss.knuba.edu.ua
5. Зачко О. Б. Теоретичні підходи до управління безпекою в проектах розвитку складних систем // Управління розвитком складних систем. – 2015. – № 22. – С. 48–53. – URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/handle/123456789/1064> (дата звернення: 12.10.2025).
6. Tryhuba, A., Hutsol, T., Pokotylska, N., Kovalenko, N., Tabor, S., & Kwasniewski, D. (2021). Risk assessment of investments in projects of production of raw materials for bioethanol. *Processes*, 9(1), 12. <https://doi.org/10.3390/pr9010012>
7. Tryhuba, A., Boyarchuk, V., Tymochko, V., & Bondarchuk, S. (2020). Model of assessment of the risk of investing in the projects of production of biofuel raw materials. In *2020 International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)* (Vol. 2, pp. 151–154). [/doi.org/10.1109/CSIT49958.2020.9322024](https://doi.org/10.1109/CSIT49958.2020.9322024)
8. Tryhuba, A., Hutsol, T., Čėsna, J., Mudryk, K., Francik, S., Kukharets, S., Mishchenko, I., & Oliinyk, R. (2024). Coordination of configurations of technologically integrated “European Green Deal” projects. In *Advances in Renewable Energy Systems* (pp. 327–339). MDPI. <https://doi.org/10.3390/pr10091768>
9. Ahmed, S., Ali, A., & D’Angola, A. (2024). A review of renewable energy communities: Concepts, scope, progress, challenges, and recommendations. *Sustainability*, 16(5), 1749. <https://doi.org/10.3390/su16051749>
10. Shaier, A. A., et al. (2025). Multi-objective optimization and algorithmic evaluation for hybrid renewable energy systems. *Scientific Reports*, 15, Article e-pub ahead of print. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-84227-0>
11. Tryhuba, A., Mudryk, K., Tryhuba, I., Kotsylovskyi, M., Sorokin, D., Bezalychna, O., Pysz, P., & Hutsol, T. (2025). Models for sustainable management of livestock waste based on neural network architectures. *Scientific Reports*, 15, 28082. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40750980/>
12. Кобилкін, Д., Зачко, О., Мицько, Р., Захарчишин, С. і Елмас, Ч. Управління критичними параметрами логістичних та інфраструктурних проєктів засобами комп’ютерного експерименту (на прикладі сектору безпеки та оборони в умовах війни)». *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2025. 3(33, с. 33–44. [doi: https://doi.org/10.30837/2522-9818.2025.3.033](https://doi.org/10.30837/2522-9818.2025.3.033)
13. Bushuyev, S. D., Bushuyeva, N., Nekrasov, I., & Chumachenko, I. Successful management of public health projects driven by AI in a BANI environment. *Computation*, 2025. 13(7), 160. <https://doi.org/10.3390/computation13070160>

14. Бушуєв С. Д.; Бушуєва Н. С.; Языков Д. В. Менеджмент проєктів розвитку аграрного сектору на принципах циркулярної економіки. *Управління розвитком складних систем*. 2022. № 52. С. 21–27. – DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.52.21-27>

15. Alotaibi S.; Alzaatreh A.; Al-Hussein M.; et al. A Holistic Framework to Accelerate Implementation of Circular Economy in Mega-Scale Construction Projects. *Applied Sciences*. 2024. 14, 23. 10958. DOI: <https://doi.org/10.3390/app142310958>

16. Serra, C. E. M., & Kunc, M. Benefits realisation management and its influence on project success and on the execution of business strategies. *International Journal of Project Management*, 2015. 33(1), 53–66. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.03.011>

17. Martinsuo, M., & Killen, C. P. Value management in project portfolios: Identifying and assessing strategic value. *Project Management Journal*, 2014. 45(5), 56–70. <https://doi.org/10.1002/pmj.21452>

18. Jayakodi, S., Badurdeen, F., Chileshe, N., et al. Circular economy assessment using project-level and organisation-level indicators. *Journal of Building Engineering*, 2024. 110084. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.110084>

19. Kuitert, L., Baha, S. E., van Bueren, E., & Bussemaker, M. Value integration in multi-functional urban projects. *Building Research & Information*, 2024. 52(7), 1303–1321. <https://doi.org/10.1080/01446193.2023.2264969>

20. Bos-de Vos, M., van Bueren, E., & Boon, W. Projecting to promote sustainability transitions through joint value creation. *International Journal of Project Management*, 2025. 43(6), 101001. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2025.101001>

References:

1. Tryhuba, I., Tryhuba, A., Hutsol, T., Szufa, S., Glowacki, S., Andrushkiv, O., Padyuka, R., Faichuk, O., & Slavina, N. (2024). European Green Deal: Substantiation of the rational configuration of the bioenergy production system from organic waste. *Energies*, 17(17), 4513. <https://doi.org/10.3390/en17174513> (in Eng.)

2. Tryhuba, A., Hutsol, T., Česna, J., Tryhuba, I., Mudryk, K., Francik, S., Kukharets, S., Mishchenko, I., & Oliinyk, R. (2025). Optimizing energy systems of livestock farms with computational intelligence for achieving energy autonomy. *Scientific Reports*, 15, 10777. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-92836-6> (in Eng.)

3. Kucher, O., Hutsol, O., Prokopchuk, L., Hutsol, T., Vasylyshen, Y., Tryhuba, A., Gajda, J., Kornas, R., & Borusiewicz, A. (2025). Application of

marketing tools in the bioeconomic sector. *Sustainability*, 17(8), 3590. <https://doi.org/10.3390/su17083590> (in Eng.)

4. Bushuyev, S. D., Dorosh, M. S., & Lytvynenko, N. V. (2016). Innovatsiine myslennia pry formuvanni novykh metodolohii upravlinnia proektamy [Innovative thinking in forming new project management methodologies]. *Upravlinnia proektamy ta rozvytok vyrobnytstva*, 2(26). urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-26/7.pdf (in Ukr.)

5. Zachko, O. B. (2015). Teoretychni pidkhody do upravlinnia bezpekoiu v proektakh rozvytku skladnykh system [Theoretical approaches to safety management in projects of complex systems development]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, (22), 48–53. <https://sci.lidubgd.edu.ua/handle/123456789/1064> (in Ukr.)

6. Tryhuba, A., Hutsol, T., Pokotylska, N., Kovalenko, N., Tabor, S., & Kwasniewski, D. (2021). Risk assessment of investments in projects of production of raw materials for bioethanol. *Processes*, 9(1), 12. <https://doi.org/10.3390/pr9010012> (in Eng.)

7. Tryhuba, A., Boyarchuk, V., Tymochko, V., & Bondarchuk, S. (2020). Model of assessment of the risk of investing in the projects of production of biofuel raw materials. In *2020 International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)* (Vol. 2, pp. 151–154). <https://doi.org/10.1109/CSIT49958.2020.9322024> (in Eng.)

8. Tryhuba, A., Hutsol, T., Česna, J., Mudryk, K., Francik, S., Kukharets, S., Mishchenko, I., & Oliinyk, R. (2024). Coordination of configurations of technologically integrated “European Green Deal” projects. In *Advances in Renewable Energy Systems* (pp. 327–339). MDPI. https://mdpi-res.com/bookfiles/book/10198/Advances_in_Renewable_Energy_Systems.pdf (in Eng.)

9. Ahmed, S., Ali, A., & D’Angola, A. (2024). A review of renewable energy communities: Concepts, scope, progress, challenges, and recommendations. *Sustainability*, 16(5), 1749. <https://doi.org/10.3390/su16051749> (in Eng.)

10. Shaier, A. A., et al. (2025). Multi-objective optimization and algorithmic evaluation for hybrid renewable energy systems. *Scientific Reports*, 15, Article e-pub ahead of print. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-84227-0> (in Eng.)

11. Tryhuba, A., Mudryk, K., Tryhuba, I., Kotsylovskiy, M., Sorokin, D., Bezalychna, O., Pysz, P., & Hutsol, T. (2025). Models for sustainable management of livestock waste based on neural network architectures. *Scientific Reports*, 15, 28082. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40750980/> (in Eng.)

12. Kobylkin, D., Zachko, O., Mytsko, R., Zakharchyshyn, S., & Elmas, Ch. (2025). Upravlinnia

krytychnymy parametramy lohistychnykh ta infrastrukturykh proektiv zasobamy kompiuternoho eksperymentu (na prykladi sektoru bezpeky ta oborony v umovakh viiny) [Managing critical parameters of logistics and infrastructure projects by computer-based experimentation (case of the security and defense sector during war)]. *Suchasnyi stan naukovykh doslidzhen ta tekhnolohii v promyslovosti*, 3(33), 33–44. doi.org/10.30837/2522-9818.2025.3.033 (in Ukr.)

13. Bushuyev, S. D., Bushuyeva, N., Nekrasov, I., & Chumachenko, I. (2025). Successful management of public health projects driven by AI in a BANI environment. *Computation*, 13(7), 160. https://doi.org/10.3390/computation13070160 (in Eng.)

14. Bushuyev, S. D., Bushuieva, N. S., & Yazykov, D. V. (2022). Menedzhment proektiv rozvytku aharnoho sektoru na pryntsypakh tsyrkuliarnoi ekonomiky [Project management of agricultural sector development based on circular economy principles]. *Upravlinnia rozvytkom skladnykh system*, (52), 21–27. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.52.21-27 (in Ukr.)

15. Alotaibi, S., Alzaatreh, A., Al-Hussein, M., et al. (2024). A holistic framework to accelerate implementation of circular economy in mega-scale construction projects. *Applied Sciences*, 14(23), 10958. https://doi.org/10.3390/app142310958 (in Eng.)

16. Serra, C. E. M., & Kunc, M. (2015). Benefits realisation management and its influence on project success and on the execution of business strategies. *International Journal of Project Management*, 33(1), 53–66. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.03.011 (in Eng.)

17. Martinsuo, M., & Killen, C. P. (2014). Value management in project portfolios: Identifying and assessing strategic value. *Project Management Journal*, 45(5), 56–70. https://doi.org/10.1002/pmj.21452 (in Eng.)

18. Jayakodi, S., Badurdeen, F., Chileshe, N., et al. (2024). Circular economy assessment using project-level and organisation-level indicators. *Journal of Building Engineering*, 110084. https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.110084 (in Eng.)

19. Kuitert, L., Baha, S. E., van Bueren, E., & Bussemaker, M. (2024). Value integration in multi-functional urban projects. *Building Research & Information*, 52(7), 1303–1321. https://doi.org/10.1080/01446193.2023.2264969 (in Eng.)

20. Bos-de Vos, M., van Bueren, E., & Boon, W. (2025). Projecting to promote sustainability transitions through joint value creation. *International Journal of Project Management*, 43(6), 101001. https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2025.101001 (in Eng.)

© І. Л. Тригуба, О. Я. Андрушків, 2025.

Науково-методична стаття.

Надійшла до редакції 13.10. 2025.

Прийнято до публікації 26.11.2025.